

PENURUNAN KADAR KHROM DALAM AIR MENGUNAKAN CARA PENUKAR ION Sukar*; A. Tri Tugawati*; Suhanda**

ABSTRACT

Chromium hexavalent compound, Cr (VI) are irritant and corrosive, and are absorbed by ingestion through the skin and by inhalation. The extensive use of Cr (VI) compounds in many industrial processes makes those compounds exist in the industrial effluent and may contaminate the rivers. To minimize water pollution, the effluent should be treated first before discharged to rivers. The chromates ion-exchange recovery processes are usually carried out at an acidic pH. This study was carried out to provide a better process of chromate removal capacity than another process including precipitation, extraction, absorption, and adsorption. Twenty minutes contact time at pH 2 was the optimum recovery by the constant Reynold number.

PENDAHULUAN

Khrom termasuk unsur transisi yang tergolong elektropositif kuat dan sering digunakan untuk melapisi logam lain. Khrom oksida yang terbentuk terikat erat pada logam lain dan membentuk lapisan putih yang tahan karat. Di alam, khrom terdapat pada bijih besi khromit ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$) dan timbal khromat ($\text{Pb} \cdot \text{CrO}_4$). Khrom juga terdapat dalam air limbah industri berasal dari sisa proses untuk chrome-plating, katalisis, penggunaan pada bidang farmasi, tanning pigmen/(sebagai CrO_3), katalis pada polimerisasi olefin, zat pengoksidasi, zat khlorinatif dan pelarut ($\text{CrO}_2 \cdot \text{Cl}$)^{1,2}.

Khrom valensi VI di air lebih toksik daripada valensi III. Kadar batas maksimal yang diperbolehkan untuk khrom VI adalah 0,05 ppm (Mearus et al, 1973). Khrom yang melebihi batas dapat mengakibatkan iritasi kulit dan selaput lendir, menyebabkan dermatitis, luka bernanah pada tangan dan jari, conjunctivitis, hilangnya penglihatan, dan asma saluran pernapasan². Mengingat daya toksik ter-

sebut, perlu dilakukan pengolahan khusus terhadap air untuk keperluan rumah tangga yang tercemar oleh Cr (VI).^{1,2}

Pengolahan air primer (primary treatment) meliputi tahap koagulasi dan khlorinasi, yang bertujuan untuk penjernihan air dan desinfeksi. Unsur logam berat seperti khrom kemungkinan tidak terendapkan dalam tahap koagulasi, karena kadarnya terlalu tinggi. Untuk menurunkannya diperlukan pengolahan sekunder (secondary treatment) yang meliputi tahap reduksi, elektrolisa, penukaran ion untuk pelunakan air (ion exchanger), ekstraksi dengan pelarut, adsorpsi, absorpsi, dan ultra filtrasi^{3,4,5}. Chipnolite zeolite $\text{Na}_6(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ selain digunakan untuk menurunkan kadar ammonium dalam air minum, juga dapat digunakan untuk menurunkan logam khrom dalam bentuk khromat dari air buangan menara pendingin industri^{6,7,8,9,10,11,13,14}. Dari beberapa cara pengolahan air tersebut, penukaran ion merupakan cara yang relatif sederhana dan mudah proses operasinya, sebab resin penukar ion dapat

* Staf Puslit Ekologi Kesehatan Badan Litbangkes

** Staf Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - Batan.

diregenerasi kembali^{10.11.12.}

Studi ini dilakukan untuk mencari alternatif cara pengolahan air untuk menurunkan kadar Cr(VI) di dalam limbah cair industri yang lebih mudah dan murah.

BAHAN DAN CARA

Peralatan untuk menurunkan kadar khrom adalah kolom gelas penukar ion, spektrofotometer, Horiba Quality Water Checker, kompor listrik. Bahan kimia pereaksi terdiri dari resin Dowex LX-8 (80-120 mesh), asam khlorida encer (1%), Kalium khromat, asam sulfat dan asam nitrat serta kertas pH (Universale).

Contoh air diambil dari sungai Ciliwung yang sebagian besar airnya digunakan untuk bahan baku air minum, mandi dan cuci oleh masyarakat Jakarta. Pengambilan contoh air sungai dilakukan lima kali dengan selang waktu 1 bulan yaitu dari bulan Nopember 1984 sampai Maret 1985. Pada saat itu terjadi kemunduran musim hujan dan bulan Maret merupakan kondisi hujan maksimal. Analisa khrom berpedoman pada kombinasi metode Analytical Chemistry (1979) dan metode American Standard Testing and Material (ASTM) (1969) menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA) Varian AA-775 panjang gelombang 357,9 nm. Analisis dilakukan di laboratorium Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta.

Berdasarkan hasil analisis beberapa contoh air sungai Ciliwung tersebut, kadar khrom tertinggi diambil sebagai titik tolak percobaan penurunan kadar khrom dengan menggunakan kalium khromat dan pelarut akuades.

Penurunan khrom dalam bentuk ion khromat menggunakan resin penukar ion

merk Dowex tipe LX-8. Yaitu dengan cara melewatkan larutan yang mengandung khromat sehingga terjadi kontak dengan permukaan resin penukar ion tersebut dan terjadi pertukaran antara ion khromat dan ion pada resin Dowex LX-8. Kapasitas pertukaran ion tergantung pada resin penukar ion menahan khromat, yang dipengaruhi oleh waktu kontak dan pH. Selain itu diharapkan secara simultan dapat terjadi pula penurunan kadar logam lain seperti Arsen dan lain-lain yang berbahaya.

Kolom penukar ion yang digunakan dalam percobaan pada suhu ruangan (sekitar 24°C), terbuat dari gelas dan mempunyai laju alir konstan, agar bilangan Reynold percobaan tidak berubah. Laju alir dijaga agar tetap 5 ml/menit. Untuk konstan bilangan Reynold diperlukan 4 variasi yaitu laju alir, diameter kolom, densitas dan viskositas cairan.

Tahap Percobaan.

1. Dibuat larutan dengan kadar khrom sama dengan kadar khrom tertinggi dalam contoh air sungai Ciliwung (0,88 ppm) sebanyak 2,5 liter. Selanjutnya larutan ini disimpan dalam botol sediaan contoh air.
2. Dari botol sediaan, contoh air setelah dilewatkan pengatur laju alir 5 ml/menit konstan dilewatkan pada resin penukar ion 1 gram dalam kolom penukaran.
3. Terhadap setiap 100 ml filtrat yang telah lewat resin penukar ion dilakukan analisis yang sama dengan analisis contoh air.
4. Setelah resin penukar ion jenuh dengan khromat, yang ditandai dengan kadar khrom yang semula konstan dan kemudian bertambah, maka per-

cobaan penurunan kadar khrom di-akhiri.

5. Resin penukar ion jenuh khromat tersebut selanjutnya dicuci dengan 1% HCl dan diregenerasi dengan 1% NaOH.

Tahap Regenerasi.

Cara regenerasi resin penukar ion adalah sebagai berikut :

1. Terhadap setiap 100 ml filtrat 1% NaOH yang telah melewati resin penukar ion, dianalisis kadar khromnya dengan cara yang sama dengan analisis contoh air.
2. Setelah resin penukar ion bersih dari khrom, yang ditandai dengan tidak terdeteksinya kadar khrom dalam filtrat, resin tersebut dapat digunakan kembali untuk percobaan.

HASIL

Analisis contoh air sungai Ciliwung yang disajikan Tabel 1 menunjukkan bahwa makin mendekati musim hujan kadar khrom makin berkurang. Hal ini disebabkan terjadinya pengenceran akibat air hujan terhadap sungai Ciliwung. Selain itu mungkin lumpur menyebabkan khrom terendapkan.

Variasi kelarutan khrom terhadap keasaman dilihat mulai dari pH 1 sampai pH 8. Ternyata pH 1 merupakan kondisi yang sangat sulit dicapai, oleh karena itu pH minimal yang dapat dibuat adalah pH = 2. Tabel 2 menunjukkan hasil variasi kelarutan khrom. Dari tabel tersebut terlihat bahwa dengan meningkatnya pH, kelarutan makin berkurang, sehingga pH 2 dipakai sebagai pH percobaan.

Variasi waktu kontak untuk mengetahui kapasitas penukaran terlihat pada Tabel 3. Terlihat bahwa waktu kontak 20 menit mempunyai kapasitas penurunan sebesar 99,2%. Oleh karena itu waktu kontak 20 menit dipakai untuk perlakuan percobaan. Di atas 20 menit kapasitas menurun karena pori-pori resin penukar ion telah tertutup oleh khrom. Variasi lain yang merupakan perbandingan antara diameter kolom, laju alir, densitas cairan dan viskositas cairan, lazim disebut bilangan Reynold, dilakukan dengan konstan. Hal ini untuk menjaga hilangnya friksi.

Tabel 1. Analisis kadar khrom pada contoh air sungai Ciliwung

Bulan	Kadar khrom (ppm)
Nopember 1984	0,88
Desember 1984	0,63
Januari 1985	0,33
Pebruari 1985	0,31
Maret 1985	0,25

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap kelarutan khromat.

pH	Kelarutan (%)
2	92,3
4	65,1
6	41,8
8	20,5

Tabel 3. Variasi waktu kontak (menit) pada penurunan kadar khrom

Waktu kontak (menit)	Penurunan	
	ppm	%
0	0,88	100
5	0,794	90,2
10	0,814	92,5
15	0,848	96,4
20	0,873	99,2
25	0,815	92,6
30	0,811	92,1

PEMBAHASAN

Penukaran ion merupakan suatu cara pertukaran siklus balik antara media padatan pada penukar ion dan bahan terlarut (solute) dalam suatu larutan. Bahan terlarut yang dimaksud di sini adalah khrom. Agar kapasitas penukaran efektif, maka penukar ion harus mengandung anion atau kation, tidak larut dalam air dan mempunyai daya serap tinggi. Penukar ion kation dan penukar anion, di mana penukar anion bermuatan negatif, berpori banyak, sedang penukar kation merupakan kebalikannya.

Dalam percobaan ini penukar ion yang digunakan termasuk jenis penukar anion basa lemah (weak base resins) yang merupakan kelompok ammonium kuarternaer $(R_3NH^+)_2^{++}$. Penukar anion basa lemah ini selain tidak mudah terkontaminasi senyawa organik, juga tahan terhadap khromat. Sedangkan resin penukar anion basa kuat mudah terkontaminasi oleh senyawa organik dan tidak tahan terhadap oksidasi. Mekanisme penukaran anion adalah sebagai berikut :

- Pada pH asam, $2CrO_4^{.-2} + 2H^+ \rightleftharpoons Cr_2O_7^{.-} + H_2O$.
- Penukaran anion, $(R_3NH^+)_2^{++} + Cr_2O_7^{.-2} \rightleftharpoons (R_3NH^+)_2Cr_2O_7^{.-}$.

Dari mekanisme di atas terlihat bahwa mula-mula khromat diubah menjadi bikhromat pada pH asam. Variasi pH untuk mengetahui kelarutan khrom menghasilkan optimasi pH 2, yang selanjutnya diikuti dengan pertukaran anion. Kemudian diadakan pencucian dengan 1 % HCl (encer) dan diperbaharui dengan NaOH 1%. Dalam percobaan dengan pengaruh waktu kontak, optimum waktu kontak dicapai pada 20 menit. Dalam hal ini waktu kontak 20 menit, dengan menggunakan 1 gram resin, mampu menurunkan kadar khrom sampai 99,2% dari kadar khrom semula. Untuk itu dapat disimpulkan bahwa operasi percobaan yang optimal adalah dengan waktu kontak 20 menit, laju alir 5 ml/menit dan pH 2. Dengan konversi kadar khrom yang ada pada air dengan kapasitas resin, maka dapat dilakukan percobaan sesuai dengan yang diinginkan. Percobaan ini memberikan hasil yang cukup efektif dan ekonomis, karena dari 1 gram resin seharga Rp. 150,- mampu menurunkan kadar khrom sampai 99,2% dari semula (yaitu 0,88 ppm). Selain itu resin yang telah jenuh bisa diregenerasi kembali untuk penggunaan jangka waktu lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penurunan kadar khrom VI dalam air menggunakan cara penukar ion mencapai maksimum pada pH optimum sama dengan 2 dan waktu kontak paling efektif 20 menit. Cara pengolahan air untuk mengendalikan pencemaran khrom pada

air baku air minum ini cukup efektif, murah dan relatif sederhana operasinya.

Selanjutnya metode ini dapat dipakai untuk pengendalian dan penanggulangan pencemaran air/pengolahan limbah cair sebelum dibuang ke perairan umum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi, BATAN dan staf yang telah memberikan izin dan bantuan bahan kimia untuk terselenggaranya penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

1. Dep. Kes. (1982) Himpunan Peraturan Menteri Kesehatan (Pelestarian Kualitas Air). Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Yogyakarta- Dir. Jen. Instalasi Kesehatan.
2. The International Technical Information Institute (1985) Toxic and Hazardous-Industrial Chemical safety Manual - III. Toronamon - Tachikawa Bldng. 6-5.1 Chome. Nishi-Shimadsu. Minoko-Ku. Tokyo, Japan.
3. Chu, B., D.C. Whitney and R. M. Diamond (1962) An Anion. Exchange Resin. Selectivities, *Inorg. Nucl. Chem.* 24 : 1405-1415.
4. Clifford, D. and W. Weber (1983) The Determinants of Devalent/Monovalent Selectivity in Anion Exchanger. Reactive Polymers-Ion Exchangers-Sorbents 1 : 77-89.
5. Fair G.M, Geyer and Oktu (1971) Elements of water supply and waste water disposal. 2nd Edit John Willey & Sons, Inc. New York : 344-350.
6. Helfferich, F (1962) Ion Exchange. Xerox University- Microfilms-Ann Arbor Science. Ann Arbor, Michigan.
7. Kunin, R. (1976) New Technology for Recovery of Chromate from Cooling Tower Blowdown. Amber-Hilites No. 151-Rohm & Haas- Philadelphia. Pa.
8. Newman, J. and L.W. Reed (1980) Weak Base versus Strong Base Anion Exchange Resins for Recovery Chromate from Cooling Tower Blowdown. Water-1979, AICHE Symp, 197: 76.
9. Reichonberg. D. and D.J. McCauley (1955) Cation-Exchange Equilibria on Sulphonated Resins of varying Degrees of Crosslinking. *J. Chem. Soc.* 24; 2741-2749.
10. Richardson. E, E. Stobbe and S. Bernstein (1968) Ion-Exchange Traps Chromates for Reuse. *J. Envir. Sci. Technol.* 2 : 1006 - 1016.
11. Sengupta A.K. (1984) Dissertation Chromate Ion-Exchange Study for Cooling Water. University of Houston-University Park- Texas.
12. Sengupta. A.K , and D.Clifford (1986) Chromate Ion-Exchange Mechanism for Cooling Water. *J. Ind. Engng Chem. Fundam.*
13. Tong. J.Y. and E.L. King (1953) A Spectrophotometric Investigation of The Equilibria Existing in Acidic Solutions of Chromium (VI). *J. Am. Chem Soc.* 75: 1902 - 1906.
14. Yamamoto. D. Y. Koichi and A. Osamu (1975) Recovery of Chromate from Cooling Tower Blowdown By Ion-Exchange Resins. Proceedings. Cooling Tower Institute Annual Meeting-Houston-Texas.